

# Protokol za praćenje populacija i zajednica sitnih sisavaca na staništima duž Drave

GYÓZŐ HORVÁTH<sup>1</sup>, DARKO KOVAČIĆ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Odjel za ekologiju životinja, Institut za biologiju, Sveučilište u Pečuhu, Ifjúság útja 6. H-7624 Pécs, Mađarska, e-mail: horvath@ttk.pte.hu

<sup>2</sup>Jarnovićeveva 3, HR-10000 Zagreb, Hrvatska, e-mail: darko.kovacic@zg.t-com.hr

## 1. Ciljevi monitoringa

Raznolika staništa pored rijeke su pogodna za život sitnih sisavaca te se u gustom biljnom pokrovu pored obale i na višim terenima mogu naći zajednice sitnih sisavaca sastavljene uglavnom od raznih vrsta glodavaca (Rodentia) i rovdica (Soricidae). Zajednice sitnih sisavaca imaju veoma veliki značaj u lancima ishrane u ekosustavima. Promjene u strukturi i gustoći populacija nekih skupina i vrsta specijaliziranih za određena staništa dobri su indikatori promjena ekoloških čimbenika kao što su: degradacija, fragmentacija, urbanizacija, onečišćenje okoliša.

Ekološka istraživanja populacija i zajednica sitnih sisavaca na različitim staništima i skupinama staništa, opis a osobito praćenje promjena njihove strukture i sastava u vremenu i prostoru, veoma su važni za zaštitu prirode.

Praćenje stanja populacija sitnih sisavaca duž rijeke Drave provodi se na šumskim staništima različitog tipa i strukture (šume vrba, topola, jasena, graba i hrasta). Variranje razine vode neposredno uz rijeku u poplavnim šumama, odnosno variranje razine podzemnih voda na mjestima udaljenijim od rijeke, negativno djeluju na procese kolonizacije - rekolonizacije sitnih sisavaca. Pokazan je također negativni utjecaj nepravilnog gospodarenja preostalim šumama. Unatoč općenito prihvaćene potrebe očuvanja bioraznolikosti šumskih ekosustava, sječa i potpuno iskorištavanje su na mnogim mjestima još uvijek glavni načini gospodarenja. Dosadašnja istraživanja pokazala su da gospodarenje šumama ima negativan utjecaj na neke vrste sitnih sisavaca dok na druge može djelovati neutralno ili pozitivno (na pr. LAURANCE 1990; DE MAYNADIER & HUNTER 1995; DUGUAY et al. 2000; PAYER & HARRISON 2000; DE BELLEFEUILLE et al. 2001). Sitni sisavci, npr. miševi i voluharice potencijalni su indikatori gospodarenja šumama koje se zasniva na principima zaštite prirode. Za njih je, neovisno od negativnih utjecaja gospodarenja šumama, karakteristična veoma velika dinamika promjena brojnosti populacija. Zbog toga je za utvrđivanje negativnih utjecaja i trenda promjena potreban duži period (PEARCE & VENIER 2005). Promjene nastale u šumama umjerenog pojasa (sječa drveća, potpuno iskorištavanje, na taj način nastala fragmentacija, ponovna sadnja ili spontano pošumljavanje) mogu se pokazati praćenjem populacija sitnih sisavaca (npr. CAREY & HARRINGTON 2001). Populacije su im detaljno proučene, imaju kratko razdoblje izmjene

(„turnover“), moguće je pratiti raspored migracija te su stoga pogodni za istraživanje utjecaja ruba („edge effect“) u fragmentima različitih staništa (pr. HANSSON 1998, NICKEL et al. 2003; MANSON et al. 1999).

Za praćenje promjena lokalnih populacija pogodna je metoda hvatanje-obilježavanje-ponovno hvatanje („capture-mark-recapture“=CMR). Na osnovi prethodno navedenoga, najvažniji su ciljevi monitoringa sitnih sisavaca hvatanjem klopka: utvrđivanje prisutnosti vrsta kao i praćenje vremenskih promjena populacija u vremenu na određenom prostoru.

## 2. Ranija istraživanja

### 2.1 Monitoring u Mađarskoj i u Hrvatskoj

Mađarski Nacionalni Sistem Monitoringa (NBmR) u svom programu ima istraživanja sitnih sisavaca metodom lova pomoću klopki na različitim staništima (npr. CSORBA & PECSENYE 1997; HORVÁTH 2001; HORVÁTH & LANSZKI 2000; GUBÁNYI et al. 2001; KALMÁR & HORVÁTH 2002). Ova istraživanja provode se u većem obimu, sakuplja se veća količina podataka radi upoznavanja dinamike populacija sitnih sisavaca. U Mađarskoj i u susjednim zemljama još uvijek ima malo radova o usporednim istraživanjima zajednica sitnih sisavaca s različitih staništa. Mali broj istraživanja provedeno je metodom lova klopka, na dovoljno velikom uzorku, pogodnom za statističke analize (npr. HORVÁTH & LANSZKI 2000; HORVÁTH 2001).

U Mađarskoj je u 2000. godini počeo proces biomonitoringa duž Drave, u okviru kojeg se provodi program istraživanja populacija i zajednica sitnih sisavaca sa ciljem utvrđivanja utjecaja promjena razine vode u rijeci na dinamiku populacija i zajednica sitnih sisavaca u poplavnoj zoni. Potrebno je utvrditi na koji način variranje razine vode tijekom dužeg razdoblja djeluje na raznolikost zajednica, na prostornu raspodjelu vrsta (HORVÁTH et al. 2005, 2006). Praćenje populacija i zajednica sitnih sisavaca u gornjem toku Drave provodi se u zadnjih sedam godina. Prvo mjesto uzorkovanja je u pokrajini Somogy, u mjestu Vízvár, u vrbovo-topolovoj šumi (*Salici-Populetum*) pored Drave. Drugo mjesto uzorkovanja je šuma Lankóci koja se nalazi između naselja Gyékényes, Csurgó i Berzence. Hvatanje sitnih sisavaca klopka obavljano je u ovoj strogo zaštićenoj nizinskoj šumi johe (*Paridi quadrifoliae-Alnetum*) kao i na obližnjem području koje je nakon što je posječena šuma prepušteno spontanoj sukcesiji.

U Hrvatskoj su populacije sitnih sisavaca istraživane u šumskim ekosustavima nizinskih rijeka: u području Drave, odnosno njene pritoke Karašice (VRANEŠ 1972), te detaljnije u porječju rijeke Save (KOVAČIĆ 1988; MARGALETIĆ 2004). Zasebno su istraživane stepske vrste (*Mus spicilegus*, *Cricetus cricetus*) u dolini rijeke Drave (KOVAČIĆ, neobjavljeno). Dosadašnja istraživanja nisu imala karakter monitoringa. Sustavni monitoring tek treba ustrojiti u Hrvatskoj i to za potrebe zaštite prirode, javnozdravstvene politike i za potrebe poljoprivrede i šumarstva.

Ciljevi ovih istraživanja su: usporediti zajednice sitnih sisavaca s različitih mjesta uzorkovanja, utvrditi gustoću populacija pojedinih svojti na staništima izloženim utjecajima variranja razine vode te utvrditi indikatorske vrijednosti sitnih sisavaca.

### 2.2 Objekti istraživanja (vrste, populacije, zajednice)

Program istraživanja metodom lovljenja klopka odnosi se na izravno uzorkovanje predstavnika reda Insectivora, porodice rovki (Soricidae) i šest potencijalnih vrsta (u zagradi je kod vrste)

Šumska rovka, *Sorex araneus* [SAR]

Mala rovka, *Sorex minutus* [SMI]

Vodena rovka, *Neomys fodiens* [NFO] - potencijalno ugrožena (NT) u Hrvatskoj

Močvarna rovka, *Neomys anomalus* [NAN] - potencijalno ugrožena (NT) u Hrvatskoj

Poljska rovka *Crocidura suaveolens* [CSU]

Dvobojna rovka, *Crocidura leucodon* [CLE].

Sve navedene vrste zaštićene su u Mađarskoj. Nalaze se i na listi Bernske konvencije (1994) III, a dvije vrste *Neomys* su na listi ugroženih vrsta CORINE (1991).

Iz reda glodavaca (Rodentia) mnoge vrste iz porodica miševa (Muridae) mogu biti predmet praćenja:

Hrčak *Cricetus cricetus* [CCR]- potencijalno ugrožena vrsta (NT) u Hrvatskoj

Riđa voluharica *Clethrionomys glareolus* [CGL]

Podzemni voluharić *Microtus subterraneus* [MSU]

Poljska voluharica *Microtus arvalis* [MAR]

Livadna voluharica *Microtus agrestis* [MAG].

Livadna voluharica zaštićena je u Mađarskoj, na crvenoj je listi te praćenje ove vrste ima osobitu važnost.

Poljski miš *Apodemus sylvaticus* [ASY]

Šumski miš *Apodemus flavicollis* [AFL]

Stepski miš *Apodemus uralensis* [AUR]

Prugasti poljski miš *Apodemus agrarius* [AAG]

Kućni štakor *Rattus rattus* [RRA]

Štakor selac *Rattus norvegicus* [RNO]

Patuljasti miš, *Micromys minutus* [MMI] - potencijalno ugrožen (NT) u Hrvatskoj

Miš humkaš *Mus spicilegus* [MSP] - potencijalno ugrožen (NT) u Hrvatskoj

Istočni kućni miš *Mus musculus* [MMU].

U Crvenoj knjizi sisavaca Hrvatske (ANTOLIĆ et al. 2006), među potencijalno ugroženim vrstama u Hrvatskoj (NT) navedeni su hrčak *Cricetus cricetus* i miš humkaš *Mus spicilegus*, vrste koje svoj areal u Hrvatskoj imaju u dolini rijeke Drave. Njihova rasprostranjenost samo je djelomično utvrđena, a monitoring je neophodan kao osnova za zaštitu. Važna činjenica je da se kod praćenja stanja sitnih sisavaca metodom lovljenja klopka pored podataka o njihovoj rasprostranjenosti kao indikatorske vrijednosti koriste podaci o promjenama veličina populacija i sastava zajednica u vremenu i prostoru.

U Mađarskoj su zaštićeni svi predstavnici porodice Myoxidae, a nalaze se na listi Bernske konvencije (1994) III. Tijekom lovljenje klopka pored Drave može se očekivati prisustvo dviju vrsta:

Sivi puh *Glis glis* [GGL] - pripada kategoriji najmanje zabrinjavajućih (LC) vrsta za koje ne postoji opasnost od izumiranja u Hrvatskoj

Puh orašar *Muscardinus avellanarius* [MAV] - potencijalno ugrožen (NT) u Hrvatskoj

### 3. Metode uzorkovanja

Ovisno o uvjetima na terenu i pitanjima na koje tražimo odgovor, predlažemo da klopke (Slika 1.) budu postavljene na jedan od sljedećih načina:

I. metoda postavljanja klopki na kvadratu optimalne veličina 1ha, broj klopki je 11x11 ili 9x9. U tom slučaju razmak između klopki je 10 m, odnosno 12,5 m. Ovu metodu primjenjujemo kad god je to moguće, ukoliko uvjeti na terenu ne dozvoljavaju uzorkovanje na površini od 1ha, primjenjujemo manji kvadrat, površine najmanje 50x50 m. Tada će udaljenost između klopki biti oko 5 m.

II. metodu transekt (line transect) preporučujemo ukoliko je nemoguće uzorkovanje na kvadratnoj plohi. Na primjer, duž gradijenta ili za analizu utjecaja ruba staništa 21 klopku postavljamo na razmacima od 10 m; tako lovljenje obavljamo na transektu dužine 200 m.

U klopke kao mamac stavljamo slaninu, žitarice izmiješane s ekstraktom anisa i biljnih ulja. Pri svakom uzorkovanju u klopke treba staviti isti mamac.

Tablica 1.: Podaci koje treba zabilježiti na terenu tijekom uzorkovanja

Mjesto uzorkovanja		Datum, vrijeme				
Kvadrat ili transekt - kod						
Broj uzorkovanja	Vrsta	Uzrast	Spol	Masa (g)	Prvo hvatanje - kod	Ponovno hvatanje - kod
3	AAG	1	1	20	112	
10	AFL	2	2 (G, L)	22	113	
43	AAG	1	1	21		V112
65	CGL	1	2 (L)	18	114	

**AAG:** Kod vrste (*Apodemus agrarius*) (vidi listu vrsta)

**UZRASST - 1:** odrasle, spolno zrele jedinke (adultus); **2:** mlade (juvenilis) jedinke

**SPOL - 1:** mužjak; **2:** ženka

ženka - **G:** gravidna, **L:** u fazi laktacije

**V:** Kod koji označava ponovno hvatanje, stavlja se ispred oznake uhvaćene jedinke

Uhvaćene životinje obilježavamo tetoviranjem prstiju što je prihvatljivo sa stanovišta zaštite životinja, zaštite prirode i u skladu je s etičkim normama. Ova metoda omogućava jedinstveno obilježavanje jedinki i njihovo točno određivanje pri ponovnom hvatanju. Pri tome se bilježi masa životinje (Slika 2.), spol (kod ženki jesu li gravidne ili u fazi laktacije), uzrast, broj klopke i jedinstveni kod (Slika 3.). Prilikom pregleda klopki podatke bilježimo u dnevnik terenskog rada u kojem redosljed polja za upisivanje treba biti isti, što olakšava unošenje podataka (Tablica 1.).



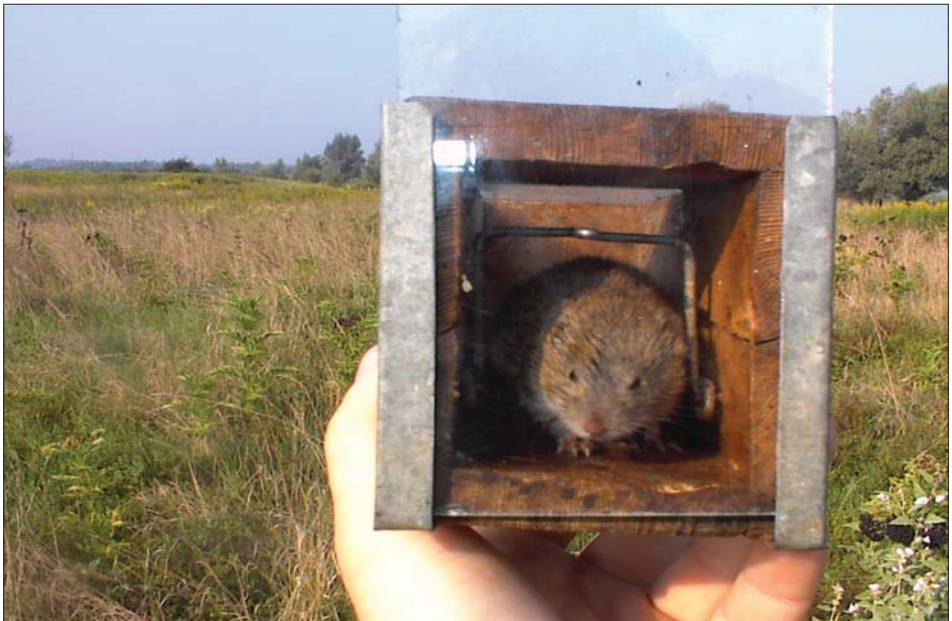
Slika 1.: Klopka živolovka za hvatanje sitnih sisavaca metodom Hvatanje-Obilježavanje-Ponovno hvatanje (Foto: Győző Horváth)



Slika 2.: Mjerenje mase uhvaćene životinje stavljene u platnenu vrećicu. Na terenu treba bilježiti podatke: broj klopke, vrstu, spol, uzrast, jedinstveni kod i masu jedinke (Foto: Győző Horváth)



Slika 3.: Prilikom provjeravanja klopki, nakon određivanja vrste, potrebno je odrediti uzrast i spol uhvaćene jedinke. (Na slici: stepski miš *Apodemus uralensis*) (Foto: Győző Horváth)



Slika 4.: Klopke treba provjeravati dvaput na dan u šumi, a na otvorenom terenu triput na dan. Na slici je podzemni voluharić *Microtus subterraneus* nađen u klopki prilikom jutarnjeg provjeravanja (Foto: Győző Horváth)

#### 4. Mjesta uzorkovanja

U okviru programa predviđeno je uzorkovanje na obje strane Drave, u poplavnoj šumi vrba i topola i u hrastovo-grabovoj šumi izvan dohvata poplava. Planirano je uzorkovanje na ukupno četiri mjesta koja bi trebala biti što je moguće sličnija, a kako bi bilo moguće uspoređivanje. Uzorkovanje treba provoditi na plohi iste veličine (1 ha). Pri obilasku terena potrebno je napraviti shematski prikaz mjesta uzorkovanja te odrediti geokoordinate (GPS).

#### 5. Učestalost uzorkovanja

Jedno razdoblje lovljenja klopka traje pet noći. Za određivanje veličine populacije potrebni su podaci dobiveni najmanje tijekom četiri noći no bolje rezultate analiza dobivamo obradom podataka iz lovljenja tijekom pet noći (POLLOCK et al. 1990).

Kod uzorkovanja ljeti u šumi, klopke su aktivne tijekom dana i noći te je obavezno provjeravati ih u jutarnjim i večernjim satima (Slika 4.). U razdoblju od pet dana klopke treba provjeravati devet puta.

Na označenim mjestima pored Drave predlažemo lovljenje klopka u tri razdoblja: u lipnju, srpnju i kolovozu po pet dana

#### 6. Osnovni podaci, istraživani parametri

Osnovni podaci koje dobivamo metodom hvatanje-obilježavanje-ponovno hvatanje ("*capture-mark-recapture*"=CMR) su:

1. broj ulova (number of captures);
2. broj ponovnih ulova (number of recaptures);
3. broj ulovaljenih jedinki (obilježene jedinke + neobilježene, uginule jedinke) (number of individuals);

Sva tri osnovna podatka iz različitih intervala (dan, mjesec, godina) tijekom daljih analiza moguće je sabirati.

##### ***Biološki čimbenici:***

- masa ulovljenih sitnih sisavaca (g);
- omjer spolova (mužjak/ženka);
- mužjaci i ženke su u stanju spolne aktivnosti /nisu;
- ženke su u gravidnom stanju, u fazi laktacije;
- procjena pokrovnosti vegetacije na području uzorkovanja;
- promjene stanja staništa;
- načini gospodarenja šumama.

## 7. Sekundarni podaci

### 7.1. Analize na razini populacije

#### 7.1.1. Populacijski indeksi

Indeks abundancije računat na 100 noći uzorkovanja:

Pored toga što se uzorkovanje provodi na različitim mjestima, mogu se javiti razlike u trajanju razdoblja (četiri ili pet noći) kao i u broju upotrebljivanih klopki. Kako bi se mogli usporediti osnovni podaci s različitim mjesta uzorkovanja, predlažemo da se standardiziraju.

Indeks abundancije ( $I$ ) izračunavamo po formuli:

$$I = 100 \times \frac{n}{P}$$

gdje je  $n$  broj uhvaćenih životinja u danom razdoblju,  $P$  broj noći uzorkovanja (pl. BUSCH et al. 1997, HEROLDOVÁ et. al. 2006).

Minimalan broj jedinki („*minimum number alive*“ = MNA)

Podatke dobivene lovljenjem klopaka u pojedinim razdobljima unosimo u bazu podataka (Excel ili Access) po metodi bilježenja Manly-Parr gdje posebno bilježimo jedinke prvi put uhvaćene ( $x_i$ ), ponovno uhvaćene ( $y_i$ ) te jedinke koje nisu ponovno uhvaćene, premda su prisutne u populaciji,  $t_j$ , uhvaćene tijekom prijašnjeg ili kasnijeg uzorkovanja ( $z_j$ ). Zbirom ova tri podatka dobivamo jedan od najvažnijih sekundarnih populacijskih indeksa: minimalan poznat broj jedinki (PETRUSEWICZ & ANDRZEJEWSKI 1962; KREBS 1966; BOONSTRA & KREBS 1978). Na osnovi ovih sekundarnih podataka možemo pratiti promjene veličine populacija što nije procjena nego postupak primjenljiv za određivanje trendova.

#### 7.1.2. Veličina populacije i postupak procjene preživljavanja

Postupak procjene veličine populacije „*zatvorenim modelom*“:

U slučaju da je na godišnjoj razini obavljeno manje uzorkovanja i to ne tijekom tri uzastopna mjeseca, tada predlažemo primjenu procjene pomoću „*zatvorenog modela*“. Osnovna pretpostavka na kojoj se zasniva „*zatvoreni model*“ je da između dvaju uzorkovanja u populaciji nije bilo rađanja, uginuća, iseljavanja ili useljavanja niti je izgubljeno obilježavanje na jedinkama. Ovaj model uglavnom se primjenjuje za kratkotrajna istraživanja. Modeli se razlikuju po načinu izračunavanja vjerojatnosti ulova. Utvrđena su tri izvora razlika vjerojatnosti ulova: (1) heterogenost; (2) utjecaj klopke; (3) razlike u vremenu lovljenja klopaka (npr. vjerojatnost ulova u  $i$ -tom danu se razlikuje od vjerojatnosti ulova u  $j$ -tom danu).

Na osnovi prethodno navedenoga, populacije se tijekom razdoblja od pet dana dok traje uzorkovanje smatraju *zatvorenim modelom*. Procjena veličine populacije po ovom modelu je najpogodnija uporabom programa MARK (COOCH & WHITE 1998). Ovaj softver, primjenljiv kod testiranja vjerojatnosti ulova i preživljavanja populacija sadrži ugrađen program CAPTURE ranije usavršen radi procjene veličine populacije i procjenu gustoće. U okviru ovog programa može se primijeniti više metoda procjene veličine populacija koje uzimaju u obzir sljedeće čimbenike:



- stalnost vjerojatnosti ulova ili promjene u vremenu;
- reakcije jedinki na hvatanje (odgovor u ponašanju);
- vjerojatnost hvatanja ovisi o pojedinim osobitostima jedinki (heterogenost).

### Postupak procjene veličine populacije i vjerojatnost preživljavanja "otvorenim modelom"

S obzirom da se nekoliko uzorkovanja provodi u različitim razdobljima tijekom godine, većina radova o „*hvatanju - ponovnom hvatanju*“ (CR) podrazumijeva da se pri tome u populacijama mijenja broj jedinki (rođenje, uginuće, naseljavanje, iseljavanje). Populacija se tijekom cijelog razdoblja uzorkovanja smatra otvorenim sustavom te je za procjenu njene veličine i vjerojatnost preživljavanja najpogodnija metoda Cormack-Jolly-Seber (CJS) (JOLLY 1965; SEBER 1965; CORMACK 1973).

Osnovni model, kao i njegovi promijenjeni oblici, zasniva se na sljedećim pretpostavkama:

1. Prilikom svakog  $i$ -tog uzorkovanja ( $i = 1, 2, \dots, k$ ) vjerojatnost hvatanja jedinki prisutnih u populaciji ( $p_i$ ) nepromijenjena je.
2. Vjerojatnost preživljavanja jedinki prisutnih u populaciji između  $i$ -tog i  $i+1$ -tog uzorkovanja nepromijenjena je ( $i = 1, 2, \dots, k-1$ ).
3. Obilježena jedinki nije izbrisana; istraživači koji provode uzorkovanje ih nisu previdjeli.
4. Uzorkovanje traje kratko, jedinke odmah bivaju puštene.

Program JOLLY zasniva se na navedenim pretpostavkama (HINES 1988) na kojima gradi različite modele (POLLOCK et al. 1990) na temelju kojih vrši izračunavanja. Podaci sakupljeni na osnovi ovog rada omogućuju upotrebu četiri modela od kojih je prvi ujedno i najkompliciraniji, potpun, CJS model ( $A$ ) u kojem se vjerojatnost ulova ( $p_i$ ) i vjerojatnost preživljavanja ( $\Phi_i$ ) mijenjaju s razdobljima uzorkovanja. Ostali modeli su reducirani: B-model pretpostavlja promjenu vjerojatnosti preživljavanja ( $\Phi_i$ ), ali nepromjenljivu vjerojatnost ulova; C-model pretpostavlja nepromjenljivu vjerojatnost preživljavanja ( $\Phi_i$ ), ali se vjerojatnost ulova mijenja po razdobljima ( $p_i$ ); D-model se zasniva na pretpostavci da su konstantne vjerojatnost preživljavanja i ulova ( $\Phi, p$ ).

Statistički podaci JOLLY programa:

- $m_i$  = (*marked*) broj uhvaćenih obilježenih jedinki u  $i$ -tom uzorku ( $i = 1, \dots, k$ );
- $u_i$  = (*unmarked*) broj uhvaćenih neobilježenih jedinki u  $i$ -tom uzorku ( $i = 1, \dots, k$ );
- $n_i$  =  $m_i + u_i$ , ukupan broj uhvaćenih jedinki u  $i$ -tom uzorku ( $i = 1, \dots, k$ );
- $R_i$  = dio od  $n_i$  koji u  $i$ -tom uzorku predstavlja broj puštenih jedinki ( $i = 1, \dots, k-1$ );
- $r_i$  = (*released*) dio  $R_i$ , koji u kasnijim uzorkovanjima barem jednom bude ponovno uhvaćen ( $i = 1, \dots, k-1$ );
- $z_i$  = broj jedinki koje nisu uhvaćene u  $i$ -tom uzorku, a uhvaćene su tijekom prijašnjeg i kasnijeg uzorkovanja ( $i = 2, \dots, k-1$ ).

Na temelju navedenih činjenica, procijenjeni parametri populacija su sljedeći:

- $M_i$  = broj obilježenih jedinki (ako je  $M_i = 0, i = 1, \dots, k$ ) u populaciji u  $i$ -tom uzorku
- $N_i$  = ukupan broj jedinki u populaciji u  $i$ -tom uzorku ( $i = 1, \dots, k$ );
- $B_i$  = ukupan broj jedinki koje su dospjele u populaciju nakon  $i$ -tog uzorkovanja (rođenjem, useljavanjem) i u vrijeme  $i+1$ -tog uzorkovanja bile su među preživjelim jedinkama ( $i = 1, \dots, k-1$ );

$\Phi_i$  = vjerojatnost preživljavanja svih jedinki između  $i$ -tog i  $i+1$ -tog uzorkovanja ( $i = 1, \dots, k-1$ );  
 $p_i$  = vjerojatnost hvatanja svih jedinki tijekom  $i$ -tog uzorkovanja ( $i = 1, \dots, k$ )  
 (POLLOCK et al. 1990).

### 7.1.3. Vrednovanje promjena omjera spolova

Omjer ženki/mužjaka za pojedino razdoblje dajemo na temelju uzorkovanja od pet noći. Podatke za više mjeseci prikazujemo na logaritamskoj skali.

### 7.1.4. Praćenje izmjena unutar populacije (turnover)

Izmjenu unutar populacija izračunavamo po formuli (ODUM 1959; PETRUSEWICZ 1975; BRINER et al. 2005):

$$\theta_{N(T)} = \gamma_{(T)} / \bar{N}$$

Ova formula je isprva korištena za opisivanje promjena udjela biomase za određeno vrijeme. Indeks izmjene pokazuje ritam izmjene jedinki na temelju podataka o ulovu - ponovnom ulovu, dobivenih tijekom praćenja.

$\gamma_{(T)}$  - broj jedinki u populaciji u vremenu  $T$ ;

$\bar{N}$  - prosječan broj jedinki u razdoblju između dvaju uzorkovanja.

Ako se ne događa izmjena, vrijednost indeksa je 1, ako se izmijeni cijela populacija

$$(\theta - 1) \times 100$$

vrijednost indeksa je 2. Izmjenu u postotnom obliku izražava formula:

Ukoliko ne možemo dati procjenu broja jedinki koje su dospjele u populaciju (rođenje/useljavanje) od vremena posljednjeg uzorkovanja, niti prije slijedećeg uzorkovanja (uginuće/iseljavanje), indeks izmjene ima minimalnu vrijednost.

### 7.1.5. Vrednovanje na razini populacija, u dužem razdoblju (long term)

- utvrđivanje ovisnosti između demografskih promjena u populaciji i gospodarstva/promjena okolišnih čimbenika;

- promjene veličina populacija u vremenu i prostoru u usporedbi s istraživanim područjima;

- izmjene u okviru populacije na pojedinim staništima ovisno o promjenama čimbenika.

## 7.2. Analize na razini zajednice

### 7.2.1. Učestalost vrsta, relativna učestalost, poredak vrsta

Relativna učestalost je najjednostavniji sekundarni podatak najčešće korišten prilikom analiza na razini zajednica. Izražava se kao vrijednost u postotcima i može se usporediti sa poretkom dominantnih vrsta:

$$p_i = n_i / \sum n_i \cdot 100$$

gdje je  $n_i$  broj jedinki  $i$ -te vrste u danom razdoblju uzorkovanja.

Relativnu učestalost dajemo za pojedina mjesta uzorkovanja.

Vrijednosti učestalosti u pojedinim zajednicama mogu se usporediti sa vrijednostima rang-korelacija (npr. Spearmanova rang-korelacija) (ZAR 1996).

### 7.2.2. Čimbenici vezani za zajednice

Raznolikost zajednice izračunata za pojedina razdoblja po formuli Shannon-Wiener:

$$H(S) = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

Kvadratna vrijednost diverziteta po formuli Simpsona:

$$D = 1 - \sum_{i=1}^S p_i^2$$

gdje je:

$p_i$  - udio jedinki  $i$ -te vrste u uzorku;

$S$  - broj vrsta;

Simpsonov indeks je osjetljiv na razlike veličina populacija pojedinih vrsta, a manje na ukupan broj vrsta u zajednici. Zbog toga je primjenjiv za opisivanje zajednica sitnih sisavaca u kojima se broj vrsta skoro ne mijenja, ali su znatne razlike u veličini populacija pojedinih vrsta (ADAMCZKEWSKA-ANDRZEJEWSKA et. al. 1979). Recipročna vrijednost Simpsonovog indeksa ( $1/D$ ) se koristi radi očiglednijeg izraza razlika između diverziteta u pojedinim zajednicama (MAGURRAN 1988, HEROLDOVÁ et. al. 2006).

Usporedno s izračunavanjem diverziteta po Shannonu, može se odrediti ujednačenost vrsta:

$$J = \frac{H}{\ln S}$$

gdje je  $H$  - diverzitet uzorka,  $S$  - broj vrsta (PIELOU 1975). Vrijednosti diverziteta po Shannonu za razdoblje uzorkovanja treba usporediti sa nekom od statističkih metoda (t-test) kao i s nekom od raspodjela diverziteta npr. Rényi i RTS-diverzitet (TÓTHMÉRÉSZ 1997). Heterogenost unutar zajednica i odnose dominantnosti prikazujemo pomoću krivulja dominancije-diverziteta, vrste-abundancija. Za izračunavanja koristimo programe DivOrd 1.60 i NuCoSa 1.05 (TÓTHMÉRÉSZ 1993, 1994, 1996).

Na području praćenja uslijed promjena na staništu može doći do promjena sastava zajednica. Izmjene vrsta unutar zajednica mogu se analizirati pomoću različitih indeksa sličnosti (npr. Sorensen, Baroni-Urbani-Buser).

Izmjenu vrsta u različitim razdobljima analiziramo na temelju prostornog rasporeda vrsta (prisustvo/odsustvo na mjestima lovljenja klopka), pomoću McNemarovog testa (ZAR 1996):

$$\chi^2 = \frac{((AP - PA) - 1)^2}{AP + PA}$$

gdje je:

$AP$ : broj kvadrata (mjesta postavljanja klopki i okolica) na kojima je promatrana vrsta bila odsutna u prvom razdoblju, a bila je prisutna u sljedećem razdoblju

$PA$ : broj kvadrata na kojima je dana vrsta bila prisutna u prvom razdoblju, a odsutna u sljedećem razdoblju

### 7.2.3. Određivanje karakterističnih / indikatorskih vrsta unutar zajednica

Ukoliko na pojedinim mjestima uzorkovanja ulovimo malo vrsta, ekološki čimbenici zajednica ne mogu biti izraženi statističkim izračunavanjima zbog malog broja podataka. U tom slučaju za istraživanje staništa određujemo indikatorske vrijednosti karakterističnih vrsta. Pogodna je IndVal - metoda (*Indicator value*), relativno novi statistički postupak za analizu indikatorskih vrsta ili karakterističnih vrsta u okviru jedne zajednice (DUFRENE & LEGENDRE 1997). Na temelju rezultata dobivenih IndVal 2.0 programom možemo donositi zaključke o povezanosti između sitnih sisavaca i karakteristika izabranih mikrostaništa, odnosno staništa.

Kod izračunavanja indikatorskih vrijednosti određujemo i karakteristične vrste zajednica, odnosno mogu se odrediti vrste koje su signifikantni indikatori pojedinih staništa ili skupine staništa:

$$\begin{aligned} \text{IndVal}_{ij} &= A_{ij} * B_{ij} * 100 \\ B_{ij} &= N(\text{traps})_{ij} / N(\text{sites})_i \\ A_{ij} &= N(\text{individuals})_{ij} / N(\text{individuals})_i \end{aligned}$$

Gdje je:

$A_{ij}$  - specifičnost;

$N_{ij}$  - prosječan broj jedinki  $i$ -te vrste na  $j$ -tom staništu (tipu staništa);

$N_j$  - zbir prosječnih brojeva jedinki  $i$ -te vrste na svim staništima (tipovima staništa);

$B_{ij}$  - mjera fideliteta;

$N(\text{traps})_{ij}$  - broj redova klopki u  $j$ -toj skupini, gdje je  $i$ -ta vrsta bila prisutna;

$N(\text{sites})_i$  - ukupan broj redova klopki u  $j$ -toj skupini.

Program IndVal izračunava i random vrijednosti te daje razinu signifikantnosti za indikatorske vrijednosti. Prije nego što primijenimo metodu IndVal, trebalo bi sve tipove staništa analizirati Multi-Variance statističkom metodom i odrediti kod za svako stanište. Određivanje sličnosti staništa moguće je primjenom binarnih i kvantitativnih analiza (na temelju sastava vrsta i pokrovnih vrijednosti). Kvantitativni indeksi uzimaju u obzir i vrijednosti mase za svaku vrstu. U slučaju sitnih sisavaca najpogodniji je Bray-Curtis kvantitativni indeks na temelju kojeg obavljamo cluster-analizu. Metodom hijerarhijske cluster-analize dobivamo strukturu sličnosti, a preporučujemo korištenje UPGMA kao fuzionog metoda (TÓTHMÉRÉSZ 1993, 1996; PODANI 1997).

## 8. Obrada sekundarnih podataka

### 8.1. Postavljena pitanja

- U kojem odnosu se pokazuju *Rodentia* i *Insectivora* rodovi, odnosno pripadajuće svojte na različitim mjestima uzorkovanja?

- Na temelju višegodišnjeg niza podataka kakav trend pokazuju promjene u pojavljivanju vrsta i rodova *Rodentia* i *Insectivora*?

- Mijenja li se sastav zajednica sitnih sisavaca, može li se registrirati smjena vrsta?

- Može li se pokazati međuovisnost frekvencije pojavljivanja vrsta i eventualne promjene u staništu?

- Kako se mijenja brojnost pojedinih populacija u vremenu?

- Postoje li razlike između pojedinih populacija u trendu promjene brojnosti?
- Kakva je raznolikost zajednica sitnih sisavaca na staništima na mjestima uzorkovanja pored Drave?
- U kojem se omjeru pojavljuju u zajednici populacije pojedinih vrsta?
- Na temelju hvatanja-obilježavanja-ponovnog hvatanja kakav se trend može pokazati u promjenama odnosa pojedinih populacija?
- Koje dijelove staništa "preferiraju" pojedine populacije, može li se pokazati prostorna segregacija populacija?
- Imaju li promjene obilježja vegetacije utjecaja na prostorni raspored populacija?
- Imaju li promjene obilježja vegetacije utjecaja na vrijednosti učestalosti vrsta u zajednicama sitnih sisavaca?
- Odražavaju li sitni sisavci razlike, odnosno promjene stanišnih čimbenika?

## **8.2. Konkretni zadaci pri praćenju sitnih sisavaca**

### **8.2.1 Praćenje na razini populacija**

- Određivanje veličine i gustoće populacija (populacijski indexi), odnosno praćenje promjena gustoće u vremenu.
- Procjena veličine populacija na temelju „*zatvorenog modela*“, uporabom najnovije verzije softver-programa usavršenog za ove ciljeve.
- Istraživanje prostornog rasporeda populacija.
- Analiza prostornog rasporeda jedinki i njihovih kretanja na temelju rezultata lovljenja klopka.
- Usporedba relativne abundancije pojedinih vrsta na označenim mjestima uzorkovanja sa obje strane Drave, u Mađarskoj i u Hrvatskoj; statističke analize podataka.

### **8.2.2 Praćenje na razini zajednica**

- Određivanje raznolikosti zajednica sitnih sisavaca, analiza vrijednosti učestalosti pojedinih vrsta u zajednicama na označenim mjestima uzorkovanja paralelno s obje strane Drave.
- Uspostavljanje redoslijeda dominancije vrsta i njihovo uspoređivanje.
- Određivanje udjela Soricidae i Rodentia i promjena u vremenu.
- Određivanje karakterističnih - indikatorskih vrsta na temelju strukture biljnog pokrova u kojem je provedeno lovljenje klopka.
- Usporedba indikatorskih vrijednosti vrsta / zajednica na mađarskoj i na hrvatskoj strani Drave.

## **9. Procjena ulaganja**

Predviđeno je uzorkovanje na četiri mjesta u trajanju od pet noći po razdoblju (mjesec). Za ostvarivanje je potrebno šest dana.

Za istovremeno uzorkovanje na dva mjesta pored Drave potrebne su dvije skupine od po četiri do pet osoba.

Stručnjaci: potrebna su dva stručnjaka, po jedan u svakoj skupini koja provodi uzorkovanje.

Raspodjela poslova: dvije skupine rade istovremeno na dva mjesta uzorkovanja: I. skupina u poplavnoj šumi; II. skupina u šumi jasena i brijesta.

Klopke: potrebno je 200-250 klopki po mjestu uzorkovanja, ukupno 400-500 klopki.

Potrebno vrijeme: predloženo je uzorkovanje u tri različita razdoblja (mjeseca) po šest dana, što iznosi 18 dana po skupini, ukupno 36 dana. Provjeravanje klopki zahtjeva 2-3 sata, što po jednom razdoblju za devet kontrola iznosi 27 sati po uzorkovanju. Za provođenje neprekidnog uzorkovanja tijekom pet noći, potrebno je pronaći smještaj u blizini mjesta uzorkovanja. Troškovi putovanja ovise o blizini smještaja.

Unošenje podataka zahtijeva deset sati rada na godinu.

Analiza podataka, sastavljanje izvješća zahtijeva pet dana na godinu.

## 10. Literatura

- ADAMCZEWSKA-ANDRZEJEWSKA, K., BUJALSKA, G. & MACKIN-ROGALSKA, R. 1979: The Differentiation and Spatial Distribution of a Rodent Community in Agroecosis. *Polonaise des Sciences* 27 (9): 731-737.
- ANTOLOVIĆ, J., FLAJŠMAN, E., FRKOVIĆ, A., GRGUREV, M., GRUBEŠIĆ, M., HAMIDOVIĆ, D., HOLCER, D., PAVLINIĆ, I., TVRTKOVIĆ, N. & VUKOVIĆ, M. 2006: Crvena knjiga sisavaca Hrvatske. Ministarstvo kulture, Državni Zavod za zaštitu prirode, Republika Hrvatska.
- BOONSTRA, R. & KREBS, C. J. 1978: Pitfall trapping of *Microtus townsendii*. *Journal of Mammalogy* 59(1): 136-148.
- BRINER, T., NENTWIG, W. & AIROLDI, J. P. 2005: Habitat quality of wildflower strips for common voles (*Microtus arvalis*) and its relevance for agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environments* 105: 173-179.
- BUSCH, M., ALVAREZ, M. R., CITTADINO, E. A. & KRAVETZ, F. O. 1997: Habitat selection and interspecific competition in pampean agroecosystems. *Mammalia* 2: 167-184.
- CAREY, A. B. & HARRINGTON, C. A. 2001: Small mammals in young forests: implications for management for sustainability. *Forest Ecology and Management* 154: 289-309.
- CORMACK, R. M. 1964: Estimates of survival from the sighting of marked animals. *Biometrika* 51: 429-438.
- CSORBA, G. & PECSENYE, K. 1997: A Nemzeti Biodiverzitás-monitorozó Rendszer X. Emlősök és a genetikai sokféleség monitorozása. Magyar Természettudomány Múzeum, Budapest 47 pp.
- DE BELLEFEUILLE, S., BE' LANGER, L., HUOT, J. & CIMON, A. 2001: Clear-cutting and regeneration practices in Quebec boreal balsam forest: effects on snowshoe hare. *Canadian Journal of Forest Research* 31: 41-51.
- DE MAYNADIER, P. G. & HUNTER JR., M. L., 1995: The relationship between forest management and amphibian ecology: a review of the North American literature. *Environmental Review* 3: 230-261.
- DUFRENE, M. & LEGENDRE, P. 1997: Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs* 67: 345-366.
- DUGUAY, J. P., WOOD, P. B. & MILLER, G. W. 2000: Effects of timber harvests on invertebrate biomass and avian nest success. *Wildlife Society Bulletin* 28: 1123-1131.
- GUBÁNYI, A., KALMÁR, S. & HORVÁTH, GY. 2001: Kisemlősök cönológiai vizsgálata a Fertő-Hanság Nemzeti Park területén. *Magyar Ápróvad Közlemények* 6: 353-362.
- HANSSON, L. 1998: Local hot spots and their edge effects: small mammals in oak-hazel woodland. *Oikos* 81: 55-62.

- HEROLDOVÁ, M., BRYJA, J., ZEJDA, J. & TKADLEC, E. 2007: Structure and diversity of small mammal communities in agriculture landscape. *Agriculture Ecosystems and Environment* 120(2-4): 2:6-210.
- HINES, J. E. 1988: User's manual for program JOLLY. U.S. Fish Wildlife Service Patuxent, Wildlife Research Center.
- HORVÁTH, GY. 2001: Kisemlősök populációinak szünbiológiai vizsgálata a Dráva menti síkság területén. In: BORHIDI, A. & BOTTA-DUKÁT, Z. (eds.): *Ökológiai az ezredfordulón II. Magyar Tudományos Akadémia, Budapest*, pp: 165-186.
- HORVÁTH, GY. & LANSZKI, J. 2000: Két erdei habitat kisemlős együttesének összehasonlító szünbiológiai vizsgálata. *Somogyi Múzeumok Közleményei* 14: 367-374.
- HORVÁTH, GY., MOLNÁR, D. & CSONKA, G. 2005: Population dynamics and spatial pattern of small mammals in protected forest and reforested area. *Natura Somogyiensis* 7: 191-207.
- HORVÁTH, GY., SCHÄFFER, D., MOLNÁR, D. & POGÁNY, A. 2006: Kisemlősök populációs és közösségi vizsgálata két ártéri erdőtípusban. *Natura Somogyiensis* 9: 325-332.
- JOLLY, G.M. 1965: Explicit estimates from capture-recapture data with both death and immigration-stochastic model. *Biometrika* 52: 225-247.
- KALMÁR, S. & HORVÁTH, GY. 2002: Két eltérő erdei habitat kisemlős közösségének összehasonlító szünbiológiai vizsgálata In: LENGYEL, SZ., SZENTIRMAI, I., BÁLDI, A., HORVÁTH, M. & LENDVAI, Á. Z.: *Az I. magyar természetvédelmi biológiai konferencia program és absztrakt kötete - Bp. Magyar Biológiai Társaság*, 130. pp.
- KOVAČIĆ, D. 1988: *Biologija populacija malih sisavaca u poplavnim šumama hrasta lužnjaka. Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu*, 181 pp.
- KREBS, C. J. 1966: Demographic changes in fluctuating populations of *Microtus californicus*. *Ecological Monographs* 36: 239-273.
- LAURANCE, W. F. 1990: Comparative responses of five arboreal marsupials to tropical forest fragmentation. *Journal of Mammalogy* 71: 641-653.
- MAGURRAN, A. E. 1988: *Ecological Diversity and Its Measurement*. Croom Helm, 179 pp.
- MANSON, H. R., OSTFELD, R. S. & CANHAM, C. D. 1999: Responses of a small mammal community to heterogeneity along forest-old-field edges. *Landscape Ecology* 14: 355-367.
- MARGALETIĆ, J. 2004: Dinamika populacija šumskih glodavaca u Hrvatskoj. *Šumarski list* 11-12: 599-608.
- NICKEL, A. M., DANIELSON, B. J. & MOLONEY, K. A. 2003: Wooded habitat edges as refugia from microtine herbivory in tallgrass prairies. *Oikos* 100: 525-533.
- ODUM, E. P. 1959: *Fundamentals of Ecology*. Philadelphia: W.B. Saunders.
- PAYER, D. C. & HARRISON, D. J., 2000. Structural differences between forests regenerating following spruce budworm defoliation and clear-cut harvesting: implications for marten. *Canadian Journal of Forest Research* 30: 1965-1972.
- PEARCE, J. & VENIER, L. 2005: Small mammals as bioindicators of sustainable boreal forest management. *Forest Ecology and Management* 208: 153-175.
- PETRUSEWICZ, K. 1975: Productivity investigation in ecology. In: GOLLEY, F., PETRUSEWICZ, K. & RYSZKOWSKI, L.: *Small Mammals: Their Productivity and Population Dynamics*. Cambridge: Cambridge University Press. pp. 9-23.
- PIELOU, E. C. 1975: *Ecological Diversity*. Wiley-Interscience Publication New York-London-Sydney-Toronto. 165 pp.

- PODANI, J. 1997: SYN-TAX 5.1: A new version for PC and Macintosh computers. *Coenoses* 2: 149-152.
- POLLOCK, K. H., NICOLS, J. D., BROWNIE, C. & HINES, J. E. 1990: Statistical inference for capture-recapture experiments. *Wildlife Monographs* 107: 97 pp.
- SEBER, G. A. F. 1973: *The Estimation of Animal Abundance and Related Parameters*. London. 506 pp.
- TÓTHMÉRÉSZ, B. 1993: NuCoSa 1.0: Number Cruncher for Community Studies and other Ecological Applications. *Abstracta Botanica* 17: 283-287.
- TÓTHMÉRÉSZ, B. 1994: DivOrd 1.50: A Program for Diversity Ordering. *Tiscia* 27: 33-44.
- TÓTHMÉRÉSZ, B. 1996: NuCoSa: Programcsomag közösségi szintű botanikai, zoológiai és ökológiai vizsgálatokhoz. *Scientia Kiadó, Budapest*. 84 pp.
- TÓTHMÉRÉSZ, B. 1997: Diverzitási rendezések. *Scientia Kiadó, Budapest*. 98 pp.
- VRANEŠ M. 1972: Frekvencija malih sisavaca na suhom i poplavnom staništu hrastove šume kod Petrijevacu. *Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu*, 95 pp.
- ZAR, J. H. 1996: *Biostatistical analysis*. Prentice-Hall International, Inc. 662 pp.

**web site:**

COOCH, E. & WHITE, G. 1998: MARK A gentle introduction.  
<http://www.biol.sfu.ca/cmr/mark>